

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой СИИ
_____ Г. М. Цибульский
подпись
«_____» _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.02.04 «Информационные системы и технологии в медиаиндустрии»
Разработка графического интерфейса пользователя для программного
комплекса «Фотофрез и динамика аэрозоля»

Руководитель	_____	ст. преподаватель	А. В. Кушнарено
	подпись, дата		
Выпускник	_____		И. А. Пастухов
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____		А. В. Кушнарено
	подпись, дата		

Красноярск 2018

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме «Разработка графического интерфейса пользователя для программного комплекса „Фотофрез и динамика аэрозоля“»

Нормоконтролер

подпись, дата

А. В. Кушнаренок

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой СИИ
_____ Г. М. Цибульский
подпись
«_____» _____ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Пастухову Игорю Александровичу

Группа КИ14-11Б, направление 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль 09.03.02.04 «Информационные системы и технологии в медиаиндустрии»

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка графического интерфейса пользователя для программного комплекса «Фотофоре́з и динамика аэрозоля».

Утверждена приказом по университету № 4533/с от 29.03.2018

Руководитель ВКР: А. В. Кушнарeнко, старший преподаватель кафедры систем искусственного интеллекта ИКИТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: требования к разрабатываемому ПО, рекомендации руководителя.

Перечень разделов ВКР: Введение, разработка концептуальной модели графического интерфейса, реализация графического интерфейса, заключение, список использованных источников.

Перечень графического материала: Презентация, выполненная в Microsoft PowerPoint

Руководитель ВКР

А. В. Кушнарeнко

Задание принял к исполнению

И. А. Пастухов

«__» _____ 2018 г.

График

выполнения выпускной квалификационной работы студентом направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиля 09.03.02.04 «Информационные системы и технологии в медиаиндустрии» приведен в таблице 1.

Таблица 1 — График выполнения этапов ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапа	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Ознакомление с целью и задачами работы	29.03-3.04	Краткий обзор по теме ВКР	Выполнено
Сбор и анализ литературных источников	4.04-14.04	Список использованных источников	Выполнено
Решение первой задачи ВКР	15.04-20.04	Доклад с презентацией по первой задаче ВКР	Выполнено
Решение второй задачи ВКР	21.04-10.05	Доклад с презентацией по второй задаче ВКР	Выполнено
Решение третьей задачи ВКР	11.05-19.05	Доклад с презентацией по третьей задаче ВКР	Выполнено
Компоновка отчета и презентации по результатам решения задач ВКР	20.05-6.06	Отчет по результатам решения задач ВКР	Выполнено
Предварительная защита результатов ВКР	7.06	Доклад и презентация по проделанной работе	Выполнено

Окончание таблицы 1

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапа	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Нормоконтроль (Н/К)	3.06-17.06	Пояснительная записка, презентация к ВКР	
Защита ВКР	22.06	Доклад и презентация по результатам бакалаврской работы	

Руководитель ВКР

подпись

А. В. Кушнarenко

Задание принял к исполнению

подпись

И. А. Пастухов

«__» _____ 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Разработка концептуальной модели графического интерфейса	7
1.1 Исследование исходного программного комплекса	7
1.2 Функциональные и нефункциональные требования.....	9
1.3 Разработка концептуальной модели графического интерфейса	10
1.4 Вывод по главе 1	13
2 Реализация графического интерфейса	14
2.1 Обзор программных средств разработки.....	14
2.2 Разработка подсистемы визуализации аэрозольных кластеров.....	14
2.3 Добавление элементов интерфейса.....	17
2.4 Вывод по главе 2	22
3 Интеграция графического интерфейса в программный комплекс.....	23
3.1 Вывод по главе 3	24
Заключение	25
Список использованных источников	26
Приложение А Плакаты презентации	30

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день метод компьютерного эксперимента широко применяется в научных исследованиях. Современный этап эволюции представлений о программных комплексах компьютерного моделирования и обработки результатов научных экспериментов тесно связан с продвижением парадигмы «электронной науки» — e-Science. Понятие e-Science ассоциируется с проведением разнородными группами специалистов совместных научных исследований, требующих консолидации вычислительных и программных ресурсов для решения сложных междисциплинарных задач на основе технологий распределенных вычислений и систем [1].

Поведение сложных систем в силу их особенностей (ресурсоемкости расчета, большого количества компонентов, пространственно-временная изменчивость) затруднительно изучать посредством физического эксперимента, поэтому основным способом их исследования в настоящее время является вычислительный эксперимент, выполняемый обычно на суперкомпьютерах [2]. Для проведения такого эксперимента, зачастую разрабатывают сложные программные комплексы, эксплуатация которых не заканчивается на проведении нескольких экспериментов. Понятие «сложная» применительно к системе отражает не объективную сложность реального объекта, а скорее, методологическую сложность и уровень детализации сопоставляемой ему описательной модели.

Такие комплексы разрабатываются с применением технологий программной инженерии, то есть подходов использования уже существующих программных модулей и компонентов для создания нового программного обеспечения, что тесно связано с общемировой тенденцией снижения сложности процессов разработки, тестирования и поддержки программных продуктов на фоне увеличения общей сложности решаемых задач. Объединяя отдельные сервисы в вычислительную цепочку (или более сложный поток заданий), пользователь может строить различные композитные приложения для решения

сложных междисциплинарных задач, не сосредоточиваясь на низкоуровневой реализации отдельных модулей [1]. Основной особенностью таких комплексов является статичное, хорошо проработанное ядро системообразующих, специфических алгоритмов и планомерное развитие, от версии к версии, соответствующей компоненты (среды), отвечающей за диалог пользователя и программного обеспечения.

Компьютерное моделирование используется во многих областях: в астрономии [3], моделировании метеорологических условий, нанотехнологиях и тому подобные. Одной из областей, в которой прибегают к компьютерному моделированию, является исследование газокинетических явлений, в частности, явления фотофоретического движения аэрозольных частиц.

Суть явления заключается в том, что под воздействием света, аэрозольные частиц начинают испытывать регулярное движение на фоне хаотического броуновского, что существенным образом сказывается на их диффузии и поведении в целом. Особенно важными являются исследования фотофоретического движения аэрозолей в атмосфере Земли, где по результатам многолетних лидарных наблюдений фиксируется устойчивая аэрозольная компонента [5]. Результаты, получаемые в модели, могут быть применены к технологиям наноконструирования современных материалов, получения особо чистых веществ, изготовления элементов микроэлектроники, решения вопросов очистки атмосферы, ликвидации последствий техногенных катастроф и прочих областях, где требуется учитывать движением аэрозольных частиц [4].

Так как натурный вычислительный эксперимент, связанный с исследованием фотофореза провести трудно, для исследований фотофоретического движения сложных аэрозольных агломератов — кластеров, широко представленных в атмосфере по результатам заборов проб, разработан программный комплекс «Фотофорез и динамика аэрозоля». Комплекс представляет собой программную реализацию уникальных и оригинальных алгоритмов решения нелинейной задачи тепломассопереноса для аэрозольных кластеров в разреженной газовой среде. В основе алгоритмов положен метод

Монте-Карло и по сути решаются газокинетические уравнения Больцмана в приближении свободномолекулярного режима. В результате можно не только рассчитать фотофоретическую силу, действующую на сложную аэрозольную частицу, но и её момент, а также тензора вязкого трения. Это позволяет провести моделирование движения частицы в широком диапазоне термобарических условий и поглощаемых излучений видимого и ИК диапазонов.

Актуальность данной работы состоит в том, что программный комплекс не имеет графического интерфейса пользователя. Всё взаимодействие пользователя с комплексом сводится к написанию и запуску исполняемого файла для консольного приложения с передачей ему параметров. Создание пользовательского интерфейса позволило бы упростить работу с программным комплексом путем автоматизации передачи параметров, а также позволило бы получать визуальный образ (изображение) моделей аэрозольных кластеров.

Цель работы: Разработать диалоговую среду для решения задач исследования фотофоретического движения сложных аэрозольных компонент.

Задачи:

1. Разработать концептуальную модель графического интерфейса;
2. Реализовать графический интерфейс;
3. Интегрировать графический интерфейс в основной код программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля».

1 Разработка концептуальной модели графического интерфейса

1.1 Исследование исходного программного комплекса

Перед началом разработки концептуальной модели графического интерфейса необходимо определить основные особенности исходного программного комплекса и составить требования к интерфейсу. Функционал программного комплекса описан ниже:

- генерация аэрозольных кластеров с заданной фрактальной размерностью;
- расчёт матриц переноса;
- расчет сил, действующих на аэрозольный кластер со стороны газовой среды и моментов этих сил;
- моделирование движения аэрозольного кластеров разреженной газовой среде.

На этапе исследования произведён анализ существующего программного кода комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля». В результате этого анализа выявлено следующее. Комплекс реализован на языке программирования C++, с применением технологий распараллеливания, что позволяет производить вычисления на суперкомпьютерных системах. Код выполнен с применением объектно-ориентированного подхода, с активным применением обобщённого программирования. Весь код разделён на систему взаимосвязанных классов. Диаграмма основных классов представлена на рисунке 1.

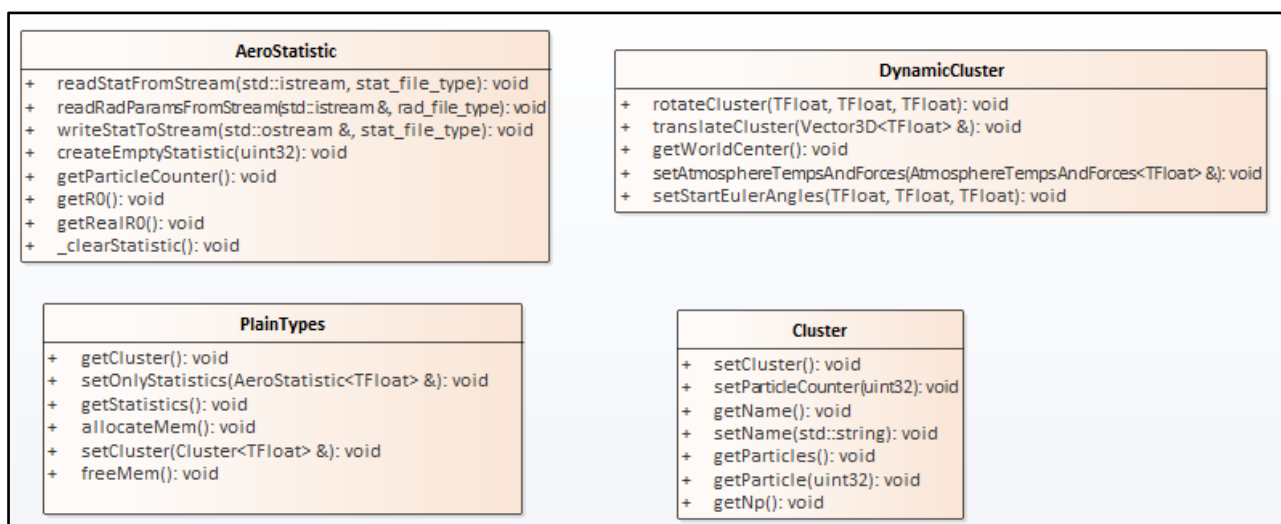


Рисунок 1 — Диаграмма классов программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля»

На диаграмме представлены основные классы программного комплекса, остальные классы являются вспомогательными. В этих классах содержится основной функционал комплекса и все необходимые для работы с ним функции. Необходимость выделения классов связана с тем, чтобы упростить работу по интегрированию кода графического интерфейса в код основного программного комплекса.

Класс `AeroStatistic` предоставляет функционал для работы со статистикой, полученной из загруженного в систему файла. Аэрозольный кластер представлен отдельным классом `Cluster`. Этот класс содержит в себе контейнер типа `Vector`, в котором содержатся составляющие его частицы сферические частицы. Для изменения параметров кластера в программном комплексе присутствует класс `DynamicCluster`, который позволяет менять положение кластера в пространстве для изменения условий эксперимента. Класс `PlainTypes` необходим для описания структур данных, необходимых для работы комплекса.

Также, в ходе исследования программного комплекса изучена структура исходных файлов, которые использует комплекс. Файлы представляют собой данные формата JSON, которые содержат информацию о количестве частиц аэрозольного кластера, центр масс всего кластера, тензоры трения, название кластера, его описание, различные матрицы, а также свойства самих частиц:

радиусы, координаты центров, типы частицы (номер типа соответствует номеру в таблице, находящейся в комплексе).

Помимо работы с аэрозольными кластерами, загруженными из файлов, программный комплекс предоставляет возможность сгенерировать аэрозольный кластер на основе данных, предоставленных комплексу. Такими данными являются фрактальная размерность, коэффициент аккомодации и количество частиц в кластере.

Комплекс проводит эксперименты на основании исходных данных и параметров, которые задает пользователь. Необходимо предоставить пользователю возможность изменять эти параметры, после чего передать их в соответствующие функции программного комплекса. Список параметров, необходимых для проведения эксперимента в данной работе представлен ниже:

- атмосферные условия (высота над поверхностью земли, давление, температура);
- вектор фотофоретической силы и ее момент.

1.2 Функциональные и нефункциональные требования

На основе проведенного исследования и требований от научного руководителя, к графическому интерфейсу предъявлены следующие функциональные и нефункциональные требования.

Функциональные требования:

- ввод и вывод данных;
- ввод параметров для генерации аэрозольного кластера;
- ввод параметров для проведения эксперимента;
- вывод результатов эксперимента;
- визуализация модели аэрозольного кластера;
- возможность изучения модели аэрозольного кластера.

Нефункциональные требования:

- обеспечить возможность использования интерфейса на Linux;

- подсистема визуализации основывается на технологии OpenGL;
- цвета частиц присваиваются относительно их свойств;
- отображение осей координат;
- разработать интерфейс на основе фреймворка Qt
- совместимость с основным программным комплексом.

В результате исследования исходного программного комплекса и выявления требований на разработку, можно приступить к созданию концептуальной модели графического интерфейса.

1.3 Разработка концептуальной модели графического интерфейса

Процесс проектирования интерфейса можно условно поделить на следующие шаги:

1. Составить портрет пользователя и список его целей. Цели разбить на задачи, которые пользователю предстоит решить.
2. Написать пользовательские сценарии в соответствии со списками задач.
3. Составить список страниц интерфейса в соответствии со сценариями.

На первом этапе проектирования необходимо определить пользователя системы, его цель и задачи. Пользователем данной системы является научный исследователь, цель которого провести эксперимент. Для достижения этой цели ему необходимо загрузить в систему исходные данные, изменить параметры этого эксперимента, запустить эксперимент и изучить полученные результаты, и сохранить их для дальнейшего использования. Диаграмма вариантов использования программного комплекса научным исследователем изображена на рисунке 2.

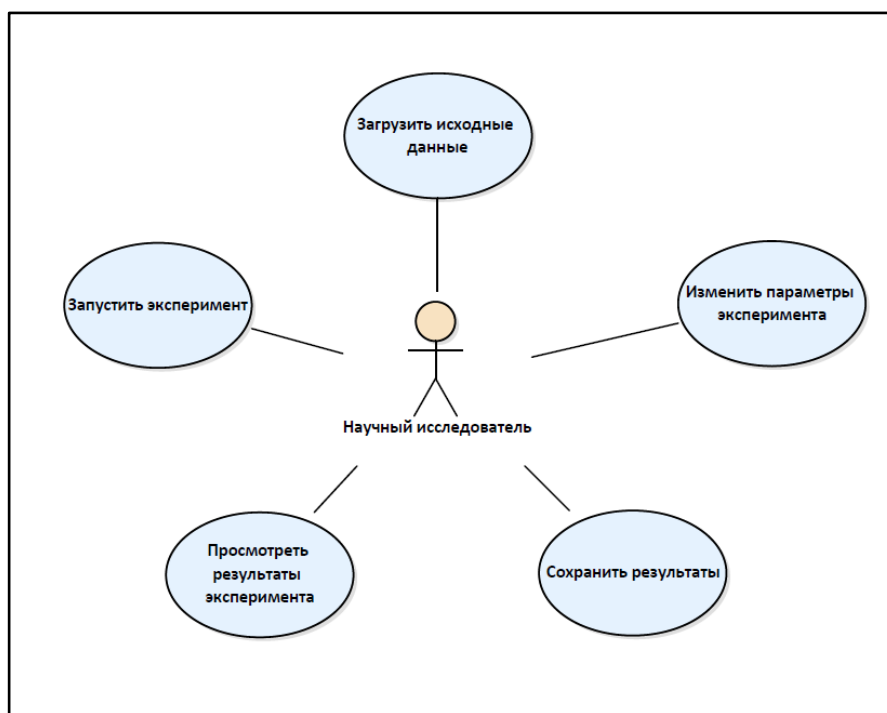


Рисунок 2 — Диаграмма использования программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля»

На следующем этапе проектирования необходимо описать пользовательские сценарии, основываясь на задачах, определенных на предыдущем шаге. Исходя из предыдущего абзаца, пользовательских сценариев три: это ввод в систему исходных данных, изменение данных для эксперимента и его запуск с последующим просмотром результатов и сохранение результатов. Данные сценарии можно представить в виде диаграмм активностей, изображенных на рисунках 3, 4 и 5.

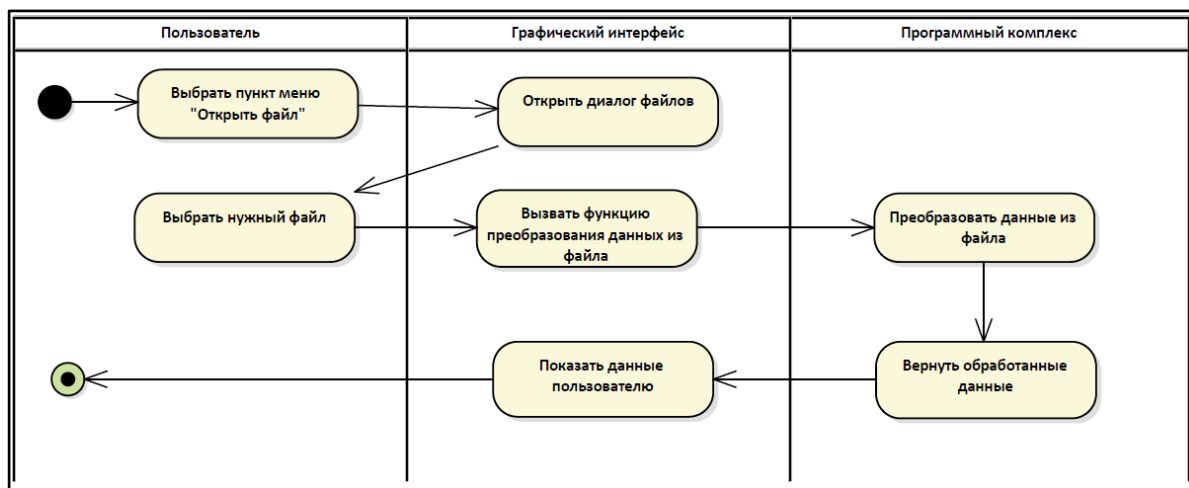


Рисунок 3 — Диаграмма деятельности при загрузке данных из файла

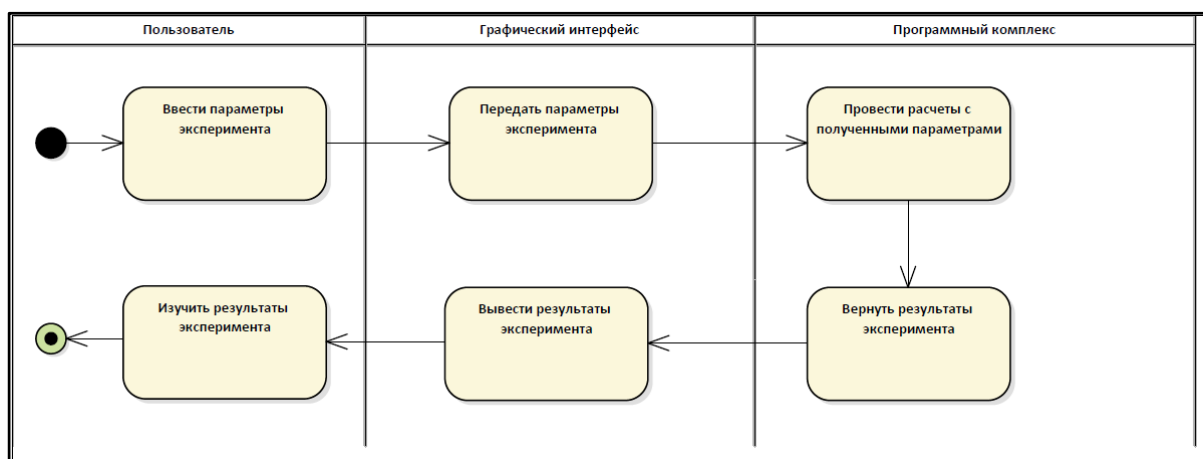


Рисунок 4 — Диаграмма деятельности при проведении эксперимента

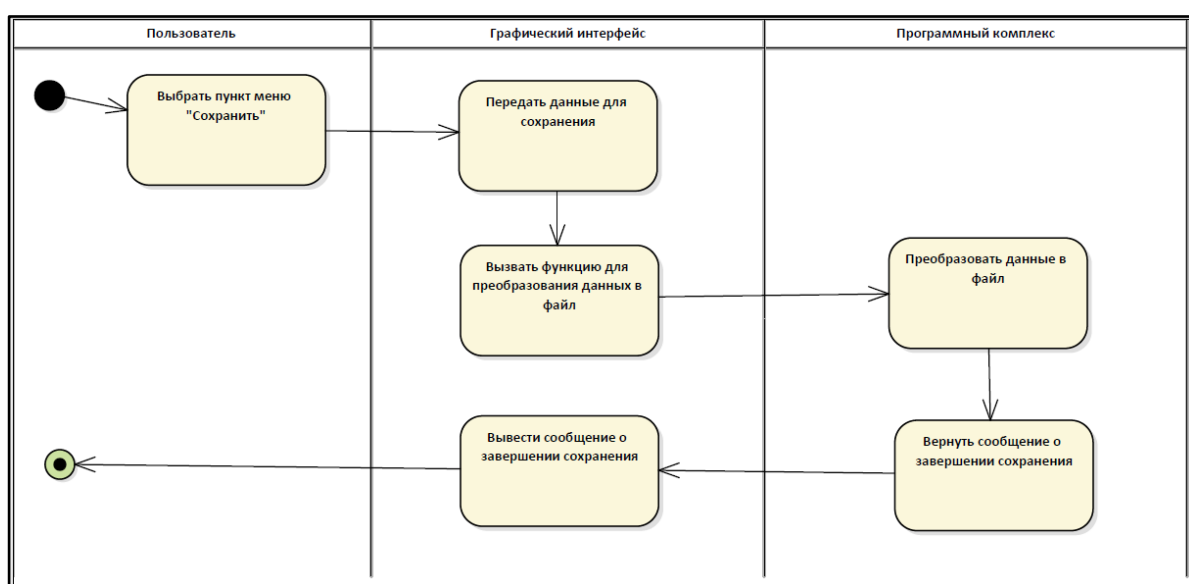


Рисунок 5 — Диаграмма активности при сохранении файла

Следующим шагом является создание макета графического интерфейса для определения нахождения основных элементов и оценки удобства конечного результата. В результате обобщения практики разработки графических интерфейсов в ходе изучения тематических форумов и литературы [7-29], а также в ходе анализа программного комплекса, создан макет графического интерфейса, изображенный на рисунке 6.

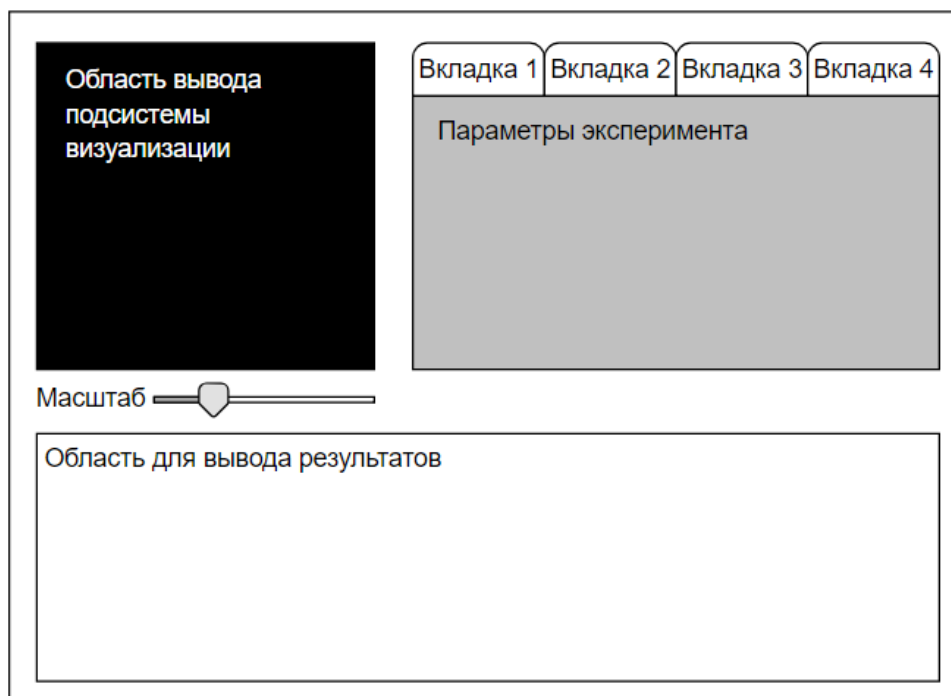


Рисунок 6 — Макет графического интерфейса

1.4 Вывод по главе 1

В данной главе проведено исследование основного программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля», в ходе которого выявлены основные классы комплекса, структура исходных данных, а также основные переменные эксперимента. На основе этого выявлены функциональные и нефункциональные требования, необходимые для дальнейшей разработки, а также сценарии использования программным комплексом и создан макет графического интерфейса.

2 Реализация графического интерфейса

2.1 Обзор программных средств разработки

Согласно требованиям, выявленным в предыдущей главе, разработку графического интерфейса следует выполнять на основе фреймворка Qt. Причины выбора данного средства разработки приведены ниже:

- Фреймворк написан на языке C++, как и основной программный комплекс.
- Фреймворк предназначен для создания интерфейсов на C++, что облегчает разработку графических интерфейсов.
- Фреймворк поддерживает OpenGL, что необходимо для подсистемы визуализации модели аэрозольного кластера.
- Фреймворк доступен под лицензией LGPL, что позволяет пользоваться им бесплатно.

Также в требованиях указано, что подсистема визуализации должна быть основана на технологии OpenGL. Ее выбор обоснован тем, что в отличие от своего главного конкурента DirectX, OpenGL платформенезависим, что позволит использовать программный комплекс с подсистемой визуализации на операционной системе Linux, что позволит выполнить еще одно выдвинутое требование.

2.2 Разработка подсистемы визуализации аэрозольных кластеров

Для отображения визуального образа аэрозольных кластеров создана подсистема визуализации аэрозольных кластеров. Так как одним из функциональных требований было использование фреймворка Qt в связке с технологией OpenGL, необходимо найти решение, реализующее эти требования. В ходе обзора фреймворка, принято решение, что подсистема основана на классе QOpenGLWidget [8], так как он определяет работу OpenGL графики, встроенной

в приложение Qt. В дальнейшем рассмотрении данного класса выяснено, что в основе архитектуры данного класса лежит 3 функции, которые определяют работу всего процесса отрисовки изображения. Для работы с ними, необходимо унаследовать их и переопределить для своих целей.

Для создания модели частиц аэрозоля созданы два VAO (вершинный массив объектов) с несколькими VBO (вершинный буферный объект). Один из VAO предназначен для работы с частицами, а второй для работы с линиями координат. Буферные объекты первого вершинного массива созданы для хранения данных о координатах вершин сфер, координатах центров частиц и их радиусов и цветов этих частиц, а также нормалей вершин сферы. Буферные объекты второго массива созданы для хранения вершин осей координат и их цветов. Использование буферов обусловлено тем, что с их помощью весь процесс отрисовки перекладывается на видеокарту, без нагрузки на центральный процессор и оперативную память, а также повышается скорость работы всей графики.

Для получения информации о частицах кластера, об их радиусах и положениях, создана функция `setCluster`. Функция выделяет из массива исходных данных информацию о частицах кластера и передает ее в буферы.

В данной подсистеме частицы представлены сферами, так как модель представляет их именно в таком виде. Для отрисовки сфер при помощи шейдерных программ и буферов необходимы координаты вершин этих сфер. Для этого в данной подсистеме реализован Алгоритм Кэтмелла — Кларка [6] или алгоритм рекурсивного подразделения. В результате работы данного алгоритма, получается массив координат вершин сферы, который передается в буферы.

Для решения задачи разработки программной оболочки подсистемы визуализации разработаны шейдерные программы с помощью языка программирования шейдеров GLSL. Для модели кластера и осей координат разработаны две пары вершинных и фрагментных шейдеров, объединяемые в шейдерные программы. Внутри вершинного шейдера для частиц кластера реализовано изменение положения центров частиц, а также изменение их

радиусов, так как сферы, вершины которых получаются с помощью действий, описанных в предыдущем абзаце, имеют условный радиус, равный 1.

Для изучения модели добавлена возможность управления содержимым виджета с помощью мыши: возможность менять масштаб и поворачивать модель. Функции принимают события нажатия кнопок мыши или прокручивания колесика и соответственно меняют отображение модели аэрозольного кластера в данной подсистеме.

Также, в ходе работы над подсистемой визуализации, протестирована функция загрузки исходного файла, предоставленная программным комплексом. Для того, чтобы пользователь смог выбрать файл с нужным кластером, добавлена кнопка «Выберите файл», после нажатия на которую появляется диалог, в котором можно выбрать необходимый файл.

В результате совмещения всех вышеописанных действий создано тестовое приложение визуализации аэрозольных кластеров. На рисунке 7 изображено основное окно приложения. Далее эта подсистема будет встроена в основной графический интерфейс

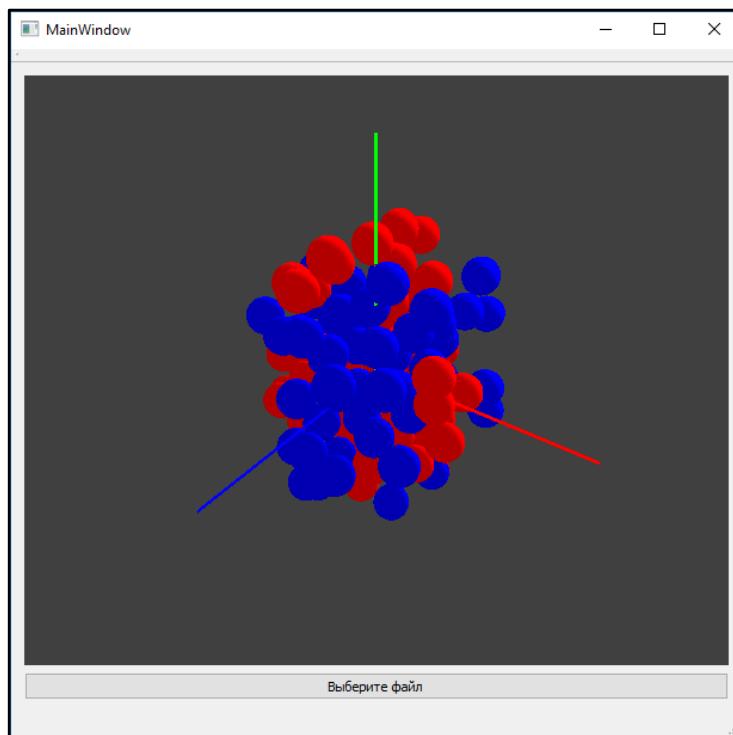


Рисунок 7 — Подсистема визуализации аэрозольных кластеров

2.3 Добавление элементов интерфейса

Следующим этапом является объединение всех частей интерфейса, согласно концептуальной модели, описанной ранее.

Для реализации требований по вводу и выводу файлов в интерфейс добавлен пункт меню «Файл», в котором реализованы соответствующие пункты, которые в дальнейшем будут соединены с необходимыми функциями, находящимися в исходном программном комплексе. Все пункты меню можно увидеть на рисунке 8.

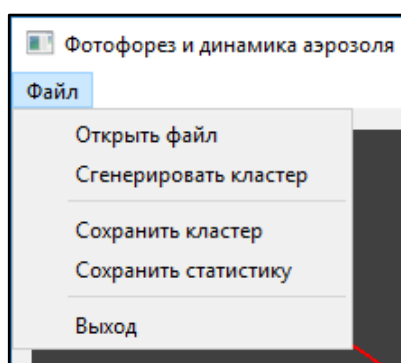


Рисунок 8 — Пункт меню «Файл»

Также в данном пункте меню находятся функция выхода из приложения, которая закроет окно, а также пункт меню «Сгенерировать кластер», который позволяет при помощи введенных данных и функционала программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля» генерировать новые кластеры. Окно, которое вызывается при нажатии на этот пункт меню изображено на рисунке 9.

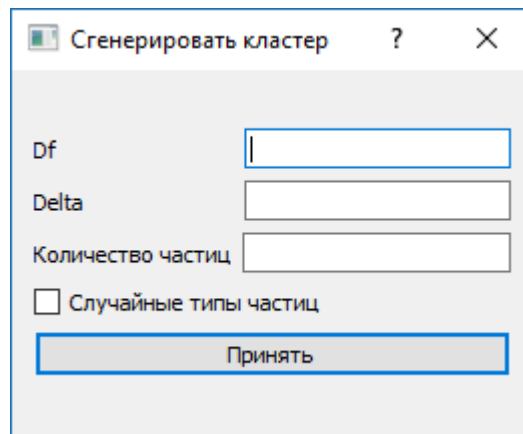


Рисунок 9 — Окно настройки параметров генерирования кластера

На рисунке 9 видно, что реализована настройка всех параметров, которые возможно настроить при генерации аэрозольного кластера.

Далее в графический интерфейс добавлены вкладки для изменения параметров эксперимента. На рисунках 10 и 11 продемонстрированы эти вкладки.

Атмосфера и излучение		Сила и ее момент		
	Высота	Давление	Температура	ина свободнс
1	0	101000	299.7	6.8631e-8
2	1	90400	293.7	7.4732e-8
3	2	80500	287.7	8.1743e-8
4	3	71500	283.7	9.0399e-8
5	4	63300	277	9.9027e-8

Выбрать

Задать вручную

Рисунок 10 — Вкладка «Атмосфера и излучение»

Атмосфера и излучение Сила и ее момент

Сила

Fx 0,0000000

Fy 0,0000000

Fz 0,0000000

Момент

Mx 0,0000000

My 0,0000000

Mz 0,0000000

Применить

Рисунок 11 — Вкладка «Сила и ее момент»

На рисунке 10 таблица с данными об атмосферных условиях уже заполнена благодаря функционалу программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля», данные для которой берутся из текстового файла. Выбрать данные из таблицы возможно либо выбрав строку и нажать кнопку «Выбрать», либо выбрать строку двойным кликом. Также в данной вкладке реализована возможность ввести данные об атмосфере вручную, при помощи кнопки «Задать вручную» после ее нажатия вызовется окно, изображенное на рисунке 12, где можно задать собственные значения.

Задать условия ? X

Высота

Давление

Температура

Ср. длина пробега

Применить

Рисунок 12 — Окно ввода параметров атмосферы

Подсистема визуализации, разработка которой описана в главе 2.1, встроена в интерфейс. Готовый ее вариант изображен на рисунке 13. Как можно видеть, в подсистеме исправлены оси координат и добавлена возможность изменять масштаб отображения на тот случай, если аэрозольный кластер не полностью отображается на экране.

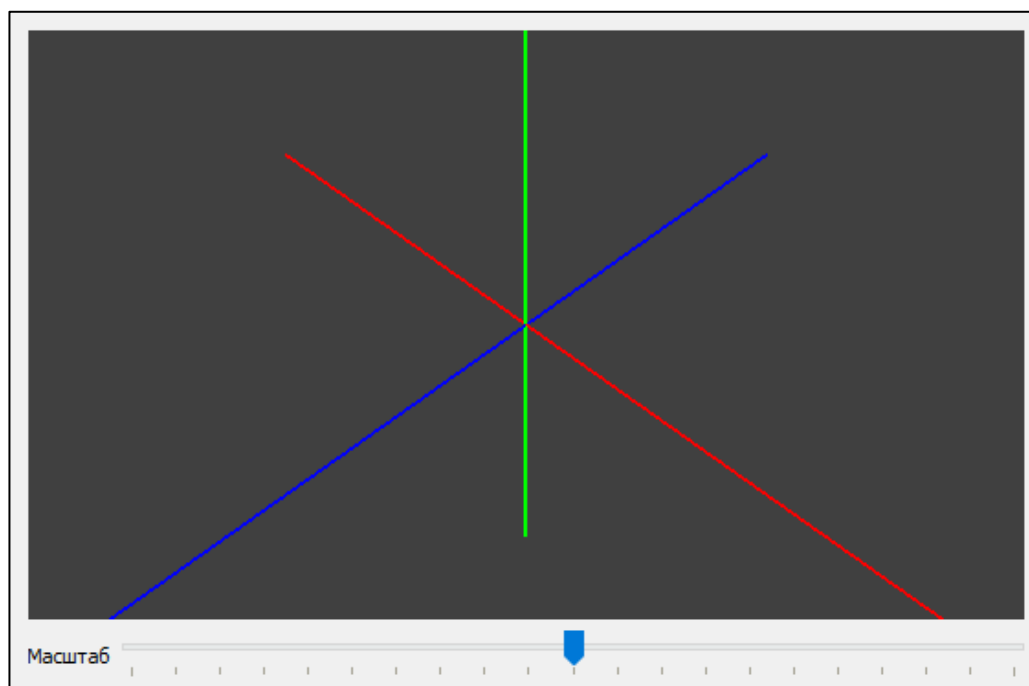


Рисунок 13 — Подсистема визуализации в составе графического интерфейса

Далее, выполняя требование о предоставлении возможности пользователю начать эксперимент, в графический интерфейс добавлена панель, в которой возможно регулировать условия эксперимента, а именно число потоков процессора, которые будут заняты для выполнения эксперимента. Также на данной панели отображены ранее выбранные параметры эксперимента, чтобы обеспечить удобство использования. Сама панель изображена на рисунке 14.

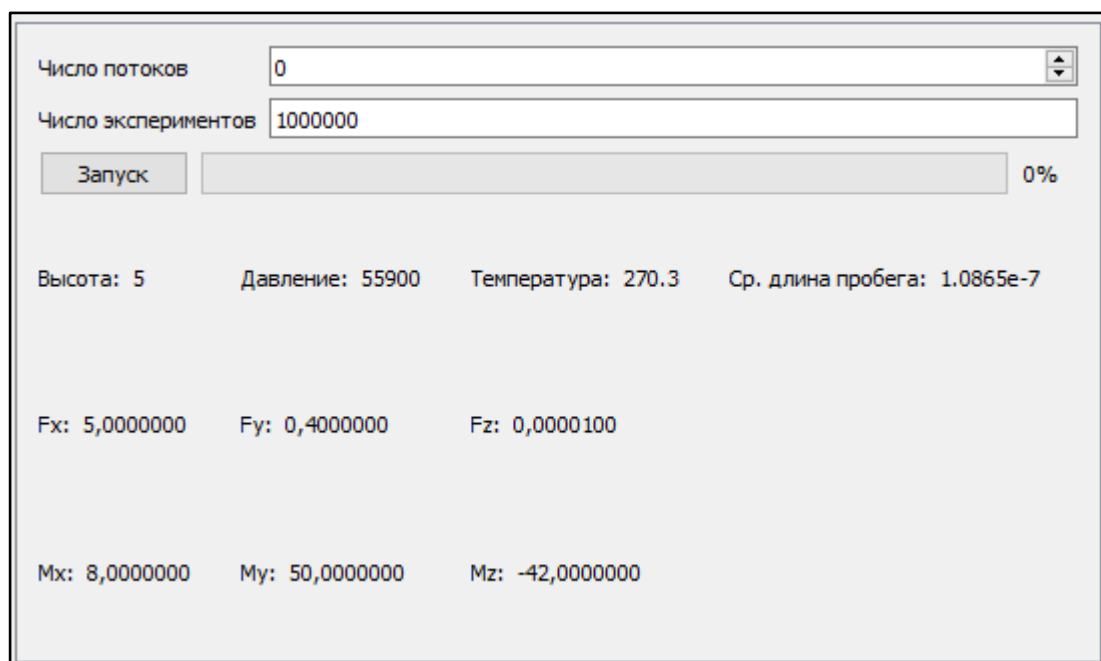


Рисунок 14 — Панель контроля эксперимента

Для обеспечения интерактивности в графический интерфейс добавлено текстовое поле, которое отображает состояние программного комплекса во время выполнения каких-либо операций. Также в данном текстовом поле при загрузке из файла, а также при генерации, отображаются имя, состав и масса аэрозольного кластера, результаты эксперимента и сообщения об ошибках. Поле изображено на рисунке 15.

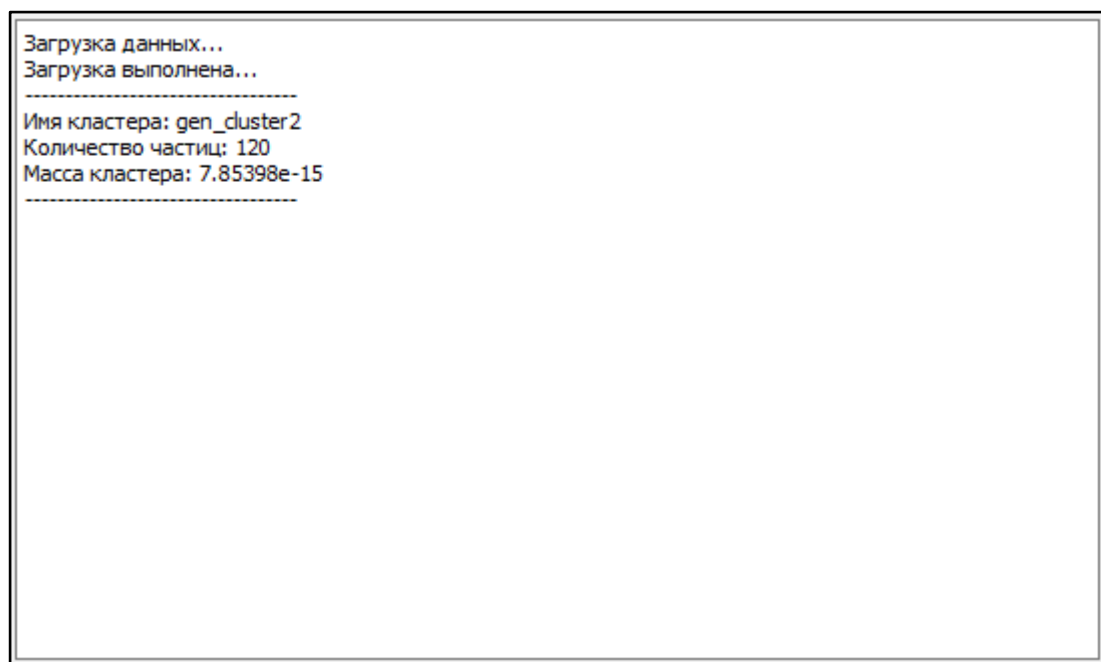


Рисунок 15 — Поля для отображения состояния комплекса

В результате объединения всех вышеперечисленных элементов интерфейса формируется основной графический интерфейс. Финальный его вариант изображен на рисунке 16.

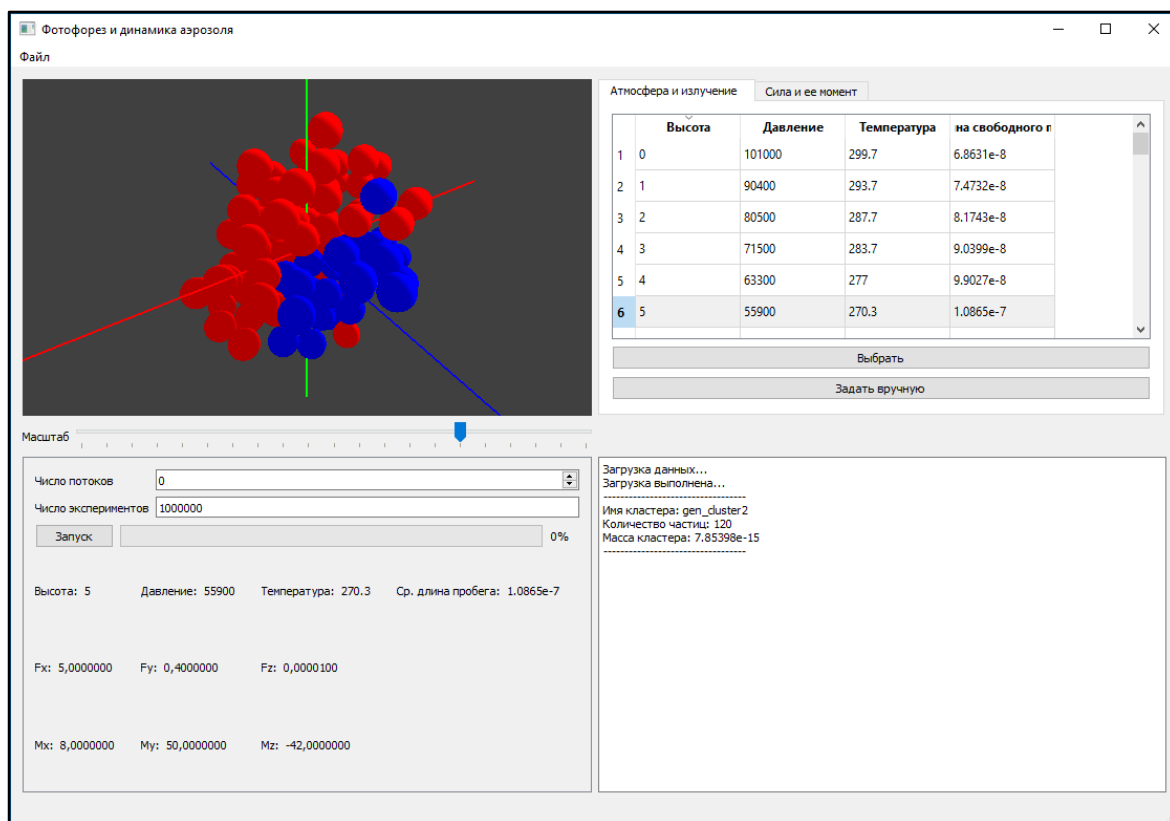


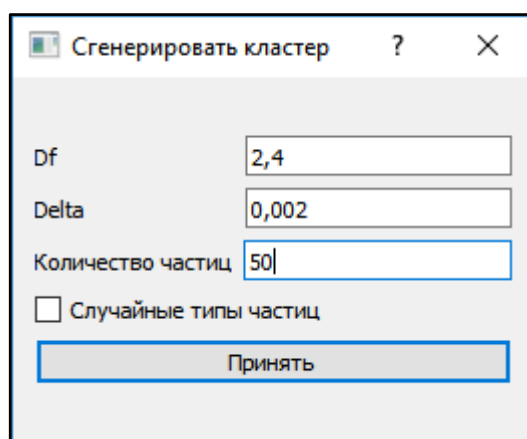
Рисунок 16 — Готовый графический интерфейс

2.4 Вывод по главе 2

В данной главе описан процесс разработки графического интерфейса для программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля». Разработка велась в соответствии концептуальной модели и требованиям, выявленным в главе 1. В ходе разработки создана подсистема визуализации аэрозольных кластеров, основанной на технологии OpenGL, с применением буферов и шейдерных программ. Также в данной главе описаны элементы графического интерфейса и их функции.

3 Интеграция графического интерфейса в программный комплекс

На основании функционала программного комплекса «Фотофрез и динамика аэрозоля», выявленного в главе 1, и совместимости программного кода комплекса и графического интерфейса, достигнутой при помощи средств разработки, подробно описанных в главе 2.1, функции программного комплекса соединены с соответствующими элементами графического интерфейса. Например, в графическом интерфейсе реализована функция генерации случайного аэрозольного кластера. На рисунке 17 показаны параметры, которые переданы основному программному комплексу.



Сгенерировать кластер

Df 2,4

Delta 0,002

Количество частиц 50

☐ Случайные типы частиц

Принять

Рисунок 17 — Параметры для построения кластера

После передачи параметров, назад функция программного комплекса возвращает данные о сгенерированном кластере, которые при помощи подсистемы визуализации и функций графического интерфейса преобразуются в визуальный образ. На рисунке 18 показан результат работы связки программного комплекса «Фотофрез и динамика аэрозоля» и разработанного для него графического интерфейса.

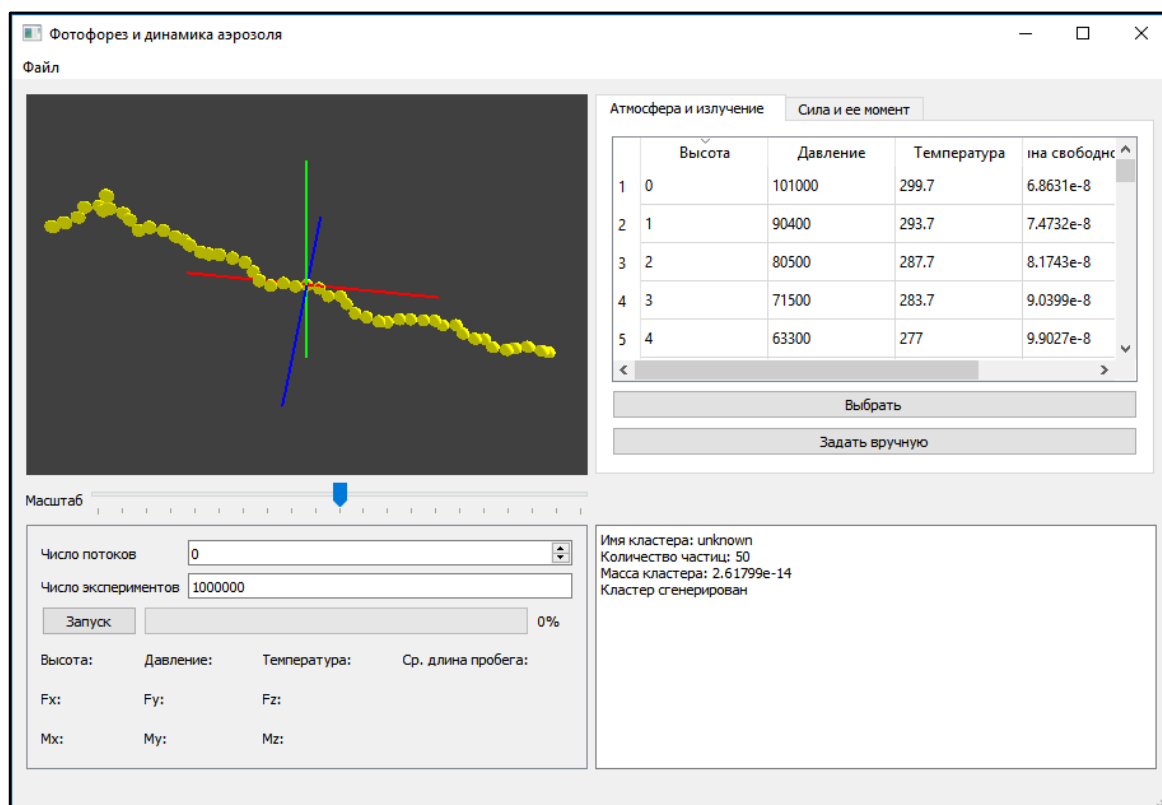


Рисунок 18 — Результат работы программного комплекса

3.1 Вывод по главе 3

В данной главе проведена интеграция разработанного графического интерфейса в программный код основного программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля». Также описан пример работы интерфейса в составе программного комплекса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате бакалаврской работы выполнены все поставленные задачи. Исследован исходный программный комплекс с целью описания особенностей и выявления функциональных и нефункциональных требований. Разработана концептуальная модель графического интерфейса, включающая в себя варианты и сценарии использования программного комплекса в виде UML диаграмм. Данная модель реализована в соответствии с требованиями, разработана подсистема визуализации и основные элементы интерфейса. Графический интерфейс интегрирован в основной код программного комплекса «Фотофрез и динамика аэрозоля».

Так как разработка над программным комплексом «Фотофрез и динамика аэрозоля», и частности разработка над графическим интерфейсом, длится непродолжительное время, в данной работе реализованы не все функции программного комплекса. В перспективе в графический интерфейс следует добавить дополнительные вкладки для изменения параметров эксперимента, добавить инструмент для построения графиков, создать приложение для отображения динамического движения аэрозольного кластера на основе подсистемы визуализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бухановский А. В. Интеллектуальные программные комплексы компьютерного моделирования сложных систем: концепция, архитектура и примеры реализации / А. В. Бухановский, С. В. Ковальчук, С. В. Марьин // Приборостроение. — 2009. — № 10. — С. 5–25.
2. Бухановский А. В. Современные программные комплексы компьютерного моделирования e-Science / А. В. Бухановский, В. Н. Васильев // Приборостроение. — 2010. — № 3. — С. 60–65.
3. Vandenbroucke B. The Monte Carlo photoionization and moving-mesh radiation hydrodynamics code CMacIonize / B.Vandenbroucke, K.Wood // Astronomy and Computing. — 2018. — № 23. — С. 40–59.
4. Моделирование движения аэрозольных кластеров в разреженной газовой среде [Электронный ресурс] : Центр высокопроизводительных вычислений СФУ — Красноярск, 2014 — Режим доступа: <http://cluster.sfu-kras.ru>.
5. Brock J. R. On radiometer forces / J. R. Brock // Journal of Colloid and Interface Science. — 1967. — Т. 4, № 25. — С. 564–567.
6. Catmull E. Recursively generated B-spline surfaces on arbitrary topological meshes / E. Catmull, J. Clark // Computer-Aided Design. — 1978. — Т. 10, № 6. — С. 350–355.
7. Белоус Д. В. Разработка графического пользовательского интерфейса на спецификации Open Graphic Library / Д. В. Белоус // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. — 2012. — №1. — С. 187–191.
8. QOpenGLWidget Class [Электронный ресурс] : Qt 5.9.2 Reference Documentation — Режим доступа: <http://doc.qt.io>.
9. OpenGL API Documentation Overview [Электронный ресурс] : OpenGL API Documentation — Режим доступа: <http://www.opengl.org/documentation>.
10. Cheremisin A. A. Transfer matrices and solution of the heat-mass transfer problem for aerosol clusters in a rarefied gas medium by the Monte Carlo method / A. A.

Cheremisin // RUSSIAN JOURNAL OF NUMERICAL ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELLING. — 2010. — Т. 25, № 3 — С. 209–233.

11. Алешкин А. В. Разработка графического интерфейса для расчета плоской фермы методом конечных элементов / А. В. Алешкин. — 2012. — № 1. — С. 1607–1612.
12. Грачев М. К. Разработка и реализация пользовательского интерфейса аспектно-ориентированного программирования / Грачев М. К., 2009. — С. 101. — Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19218426>.
13. Евсюков А. А. Разработка интерактивного графического интерфейса для систем поддержки конструирования бортовой аппаратуры / А. А. Евсюков // Решентневские чтения. — 2014. — № 18. — С. 241–243.
14. Захаров А. А. Разработка интерфейса программного продукта по использованию вейвлет-функций для анализа сигналов / А. А. Захаров, Е. Р. Кожанова, И. М. Ткаченко // Научно-технический вестник Поволжья. — 2011. — № 4. — С. 172–178.
15. Киктев Н. А. Разработка интерфейса интеллектуальной системы проектирования электронных устройств систем управления / Н. А. Киктев — 2012. — № 2. — С. 42–44.
16. Лаврик А. В. Qt как средство кроссплатформенной разработки / А. В. Лаврик, Д. В. Кутецкий // ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ. — 2010. — № 6. — С. 203–209.
17. Лукьянов Д. В. Разработка графического пользовательского интерфейса / Д. В. Лукьянов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2012. — № 15. — С. 276–283.
18. Мамедов Дж. Ф. Разработка структуры интерфейса программного обеспечения комплексного автоматизированного проектирования технических систем / Дж. Ф. Мамедов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2013. — № 5. — С. 18–21.
19. Медведев И. В. Разработка интерфейса к численной модели астероидного движения / И. В. Медведев, М. А. Баньщикова — 2012. — № 1. — С. 280–283.

20. Мирошниченко Д. А. Разработка пользовательского интерфейса для автоматизированного построения переплетений тканей с визуальным эффектом объёмных геометрических фигур / Д. А. Мирошниченко, Г. И. Толубеева // Информационная среда ВУЗа. — 2016. — № 2. — С. 145–149.
21. Молородов Ю. И. Разработка интерфейса пользователя для фактографической системы «Теплофизические свойства веществ» / Ю. И. Молородов, И. В. Зимбицкий // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. — 2017. — № 3. — С. 40–48.
22. Невлюдов И. Ш. Разработка программного интерфейса для измерительного комплекса контроля параметров реле КИПР01 / И. Ш. Невлюдов, Б. А. Шостак, А. О. Беликов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 8. — С. 37–39.
23. Новокрещенов А. А. Визуализация гидродинамических процессов в промежуточном ковше с помощью средств Qt и OpenGL / А. А. Новокрещенов, В. Д. Тутарова — 2011. — № 13. — С. 65–67.
24. Славкин И. Е. Разработка цифрового интерфейса для сейсмодатчика / Славкин И. Е. — 2017. — № 1. — С. 71–73.
25. Ступнев В. Ю. Система визуализации телеметрической информации в реальном масштабе времени / В. Ю. Ступнев — 2016. — № 1. — С. 147–154.
26. Терещенко В. А. Разработка административного интерфейса межсетевого экрана типа «Пакетный фильтр» / В. А. Терещенко, А. М. Карондеев // Молодежный научно-технический вестник. — 2014. — № 5. — С. 37.
27. Утробина Е. С. Разработка структуры пользовательского интерфейса инструментальной справочно-аналитической системы (ИСА ГИС) / Е. С. Утробина, В. С. Писарев // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2012. — № 1. — С. 8–12.
28. Филимоненкова Т. Н. Разработка модели данных и интерфейса пользователя информационной системы «Автосервис» / Т. Н. Филимоненкова, А. В. Бондарь — 2017. — № 1. — С. 318–323.

29. Фролов Н. Г. Разработка виртуального интерфейса для демонстрации частотных характеристик с компьютеризированного лабораторного стенда / Н. Г. Фролов // Вестник Пермского государственного технического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. — 2005. — № 6. — С. 179–183.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Плакаты презентации

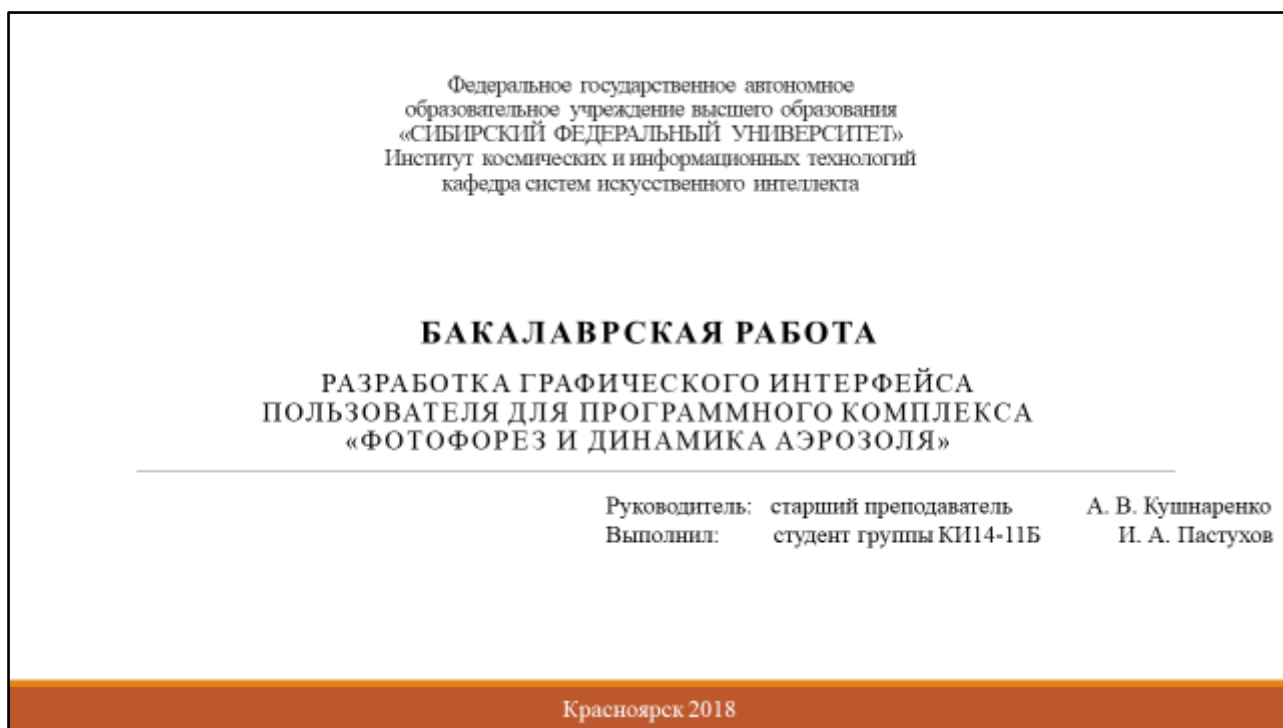


Рисунок 0.1.1 — Плакат презентации 1

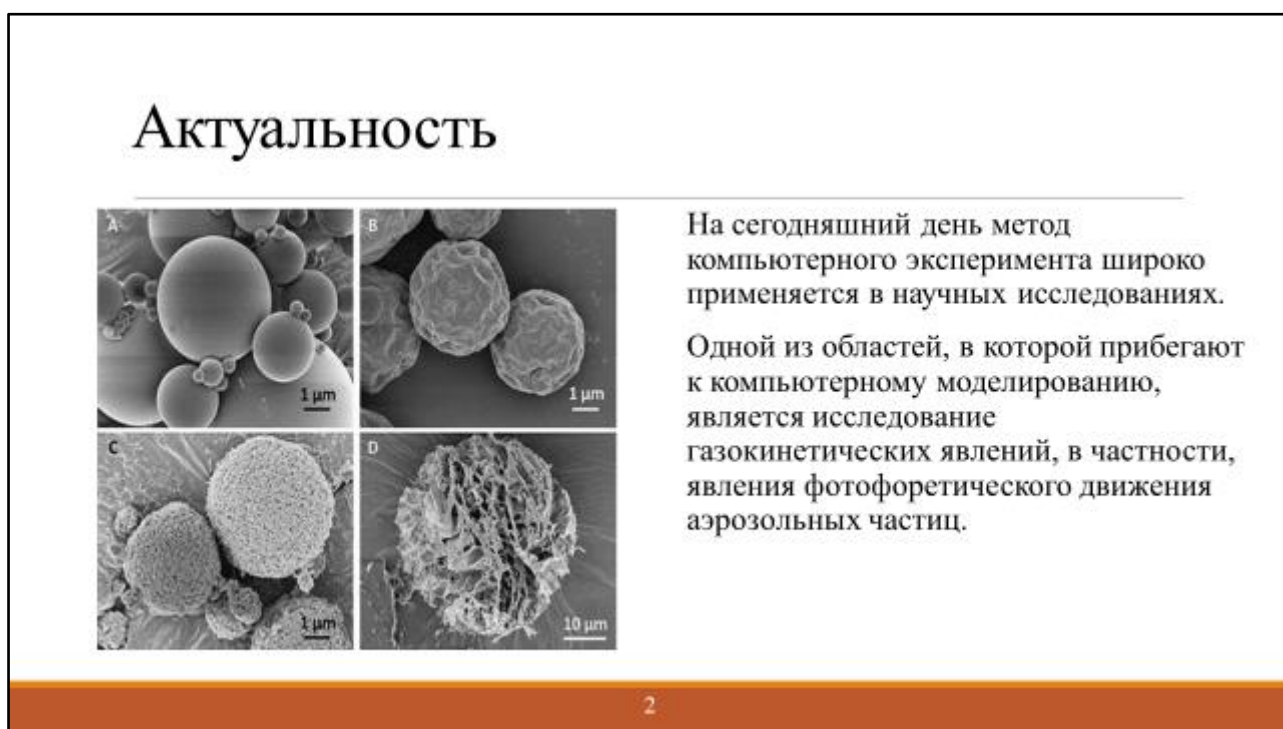


Рисунок А.2 — Плакат презентации 2

Актуальность

Программный комплекс «Фотофорез и динамика аэрозоля» создан на основе распараллеливание алгоритма и использовании современных архитектурах, включая графические процессоры.

Комплекс представляет набор библиотек, позволяющих выполнять статистическое моделирование и газокинетические расчёты.

Комплекс позволяет учитывать различные физические свойства аэрозольных кластеров. Это позволяет строить сложные кластера.

Функционал программного комплекса:

- Генерация аэрозольных кластеров с заданной фрактальной размерностью;
- Расчёт матриц переноса;
- Расчет сил, действующих на аэрозольный кластер со стороны газовой среды и моментов этих сил;
- Моделирование движения аэрозольного кластеров разреженной газовой среде;
- Может работать под управлением операционных систем Microsoft Windows и Linux.

3

Рисунок А.3 — Плакат презентации 3

Актуальность

Программный комплекс до сих не имеет никакого пользовательского интерфейса.

Всё взаимодействие пользователя с комплексом сводится к запуску исполняемого файла с передачей ему параметров. Создание пользовательского интерфейса позволило бы упростить работу с комплексом и получать визуальный образ (изображение) моделей аэрозольных кластеров.

4

Рисунок А.4 — Плакат презентации 4

Цель и задачи

Цель:

Разработать диалоговую среду для решения задач исследования фотофоретического движения сложных аэрозольных компонент.

Задачи:

- Разработать концептуальную модель графического интерфейса
- Реализовать графический интерфейс
- Интегрировать графический интерфейс в основной код программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля».

5

Рисунок А.5 — Плакат презентации 5

Исследование исходного программного комплекса

```
AerosolSubst
+ readAerosolParametersFromFile(FileName, File_Type) void
+ readAerosolParametersFromDatabase(FileName, File_Type) void
+ writeAerosolParametersToFile(FileName, File_Type) void
+ writeAerosolParametersToDatabase(FileName, File_Type) void
+ getAerosolCount() void
+ getID() void
+ getAerosolType() void
+ getAerosolSize() void
```

```
DynamicCluster
+ readClusterFromFile(FileName, File_Type) void
+ readClusterFromDatabase(FileName, File_Type) void
+ getClusterCenter() void
+ setClusterCenter(FileName, File_Type) void
+ setClusterRadius(FileName, File_Type) void
+ setClusterDensity(FileName, File_Type) void
```

```
Atmosphere
+ getCluster() void
+ setOnlySubstance(AerosolSubst* A) void
+ getSubstance() void
+ setSubstance(AerosolSubst* A) void
+ setCluster(AerosolSubst* A) void
+ freeMem() void
```

```
Cluster
+ setCluster() void
+ setClusterCenter(FileName, File_Type) void
+ getCluster() void
+ setClusterRadius(FileName, File_Type) void
+ getCluster() void
+ getClusterDensity(FileName, File_Type) void
+ getID() void
```

- Комплекс реализован на языке C++
- Выделены и изучены основные классы комплекса
- Изучена структура исходных данных
- Сформированы требования к графическому интерфейсу

6

Рисунок А.6 — Плакат презентации 6

Функциональные и нефункциональные требования

Функциональные требования:

- ввод и вывод данных;
- ввод параметров для проведения эксперимента;
- вывод результатов эксперимента;
- визуализация модели аэрозольного кластера;
- возможность изучения модели аэрозольного кластера.

Нефункциональные требования:

- обеспечить возможность использования интерфейса на Linux;
- подсистема визуализации основывается на технологии OpenGL;
- цвета частиц присваиваются относительно их свойств (температура, коэффициент аккомодации);
- отображение осей координат;
- разработать интерфейс на основе фреймворка Qt
- совместимость с основным программным комплексом.

7

Рисунок А.7 — Плакат презентации 7

Разработка макета интерфейса

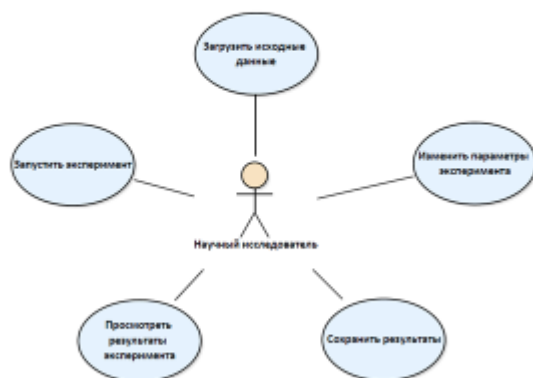
Процесс проектирования интерфейса можно условно поделить на следующие шаги:

1. Составить портрет пользователя и список его целей. Цели разбить на задачи, которые пользователю предстоит решить.
2. Написать пользовательские сценарии в соответствии со списками задач.
3. Составить список страниц интерфейса в соответствии со сценариями.

8

Рисунок А.8 — Плакат презентации 8

Разработка макета интерфейса

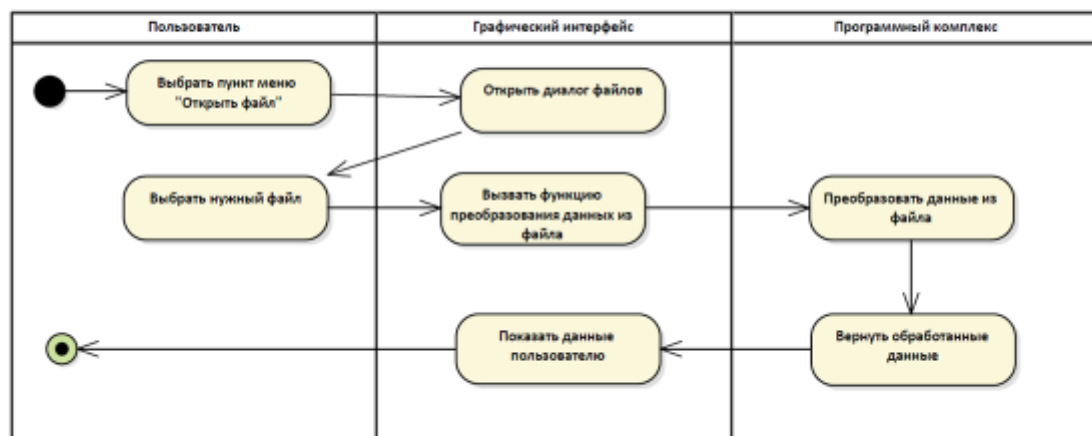


- Пользователем данной системы является научный исследователь
- Цель пользователя провести эксперимент. Для этого ему необходимо:
 - ввести исходные данные
 - изменить параметры эксперимента
 - запустить эксперимент и изучить его результаты
 - сохранить результаты эксперимента

9

Рисунок А.9 — Плакат презентации 9

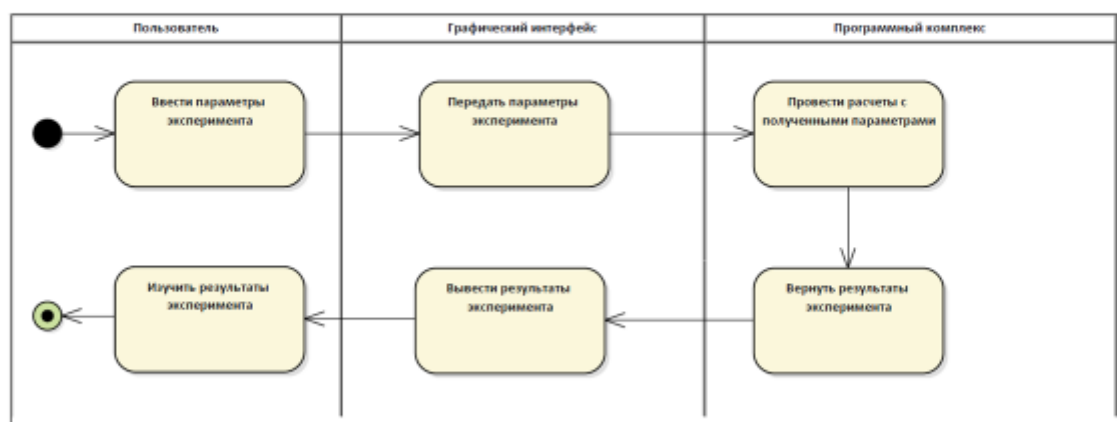
Разработка макета интерфейса



10

Рисунок А.10 — Плакат презентации 10

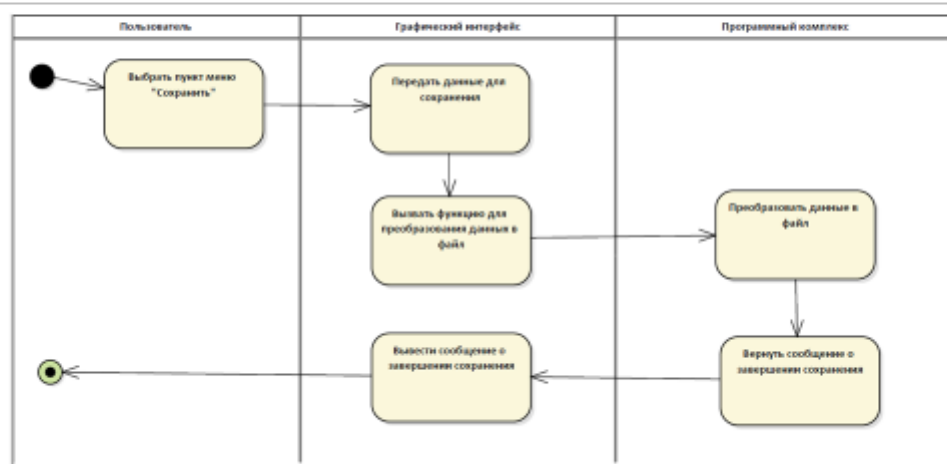
Разработка макета интерфейса



11

Рисунок А.11 — Плакат презентации 11

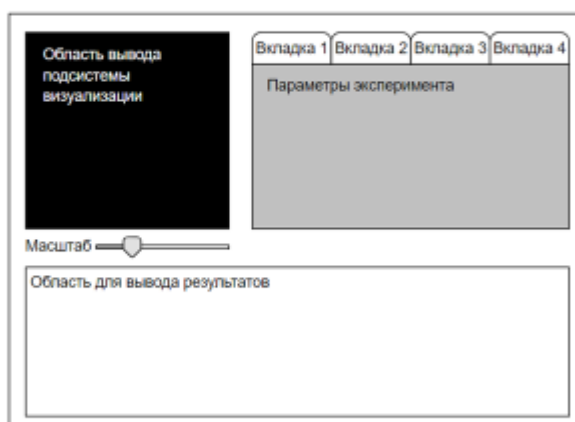
Разработка макета интерфейса



12

Рисунок А.12 — Плакат презентации 12

Разработка макета интерфейса



В результате создан макет пользовательского интерфейса. На нем отображены основные функции, которые должен автоматизировать интерфейс.

13

Рисунок А.13 — Плакат презентации 13

Разработка подсистемы визуализации

Основные условия:

- Фреймворк Qt
- Основана на OpenGL

Основываясь на этих условиях принято решение разрабатывать подсистему визуализации на основе класса `QOpenGLWidget`, входящего в состав Qt. Данный класс содержит в себе 3 функции, которые описывают работу OpenGL графики, встроенной в приложение на Qt.

14

Рисунок А.14 — Плакат презентации 14

Разработка подсистемы визуализации

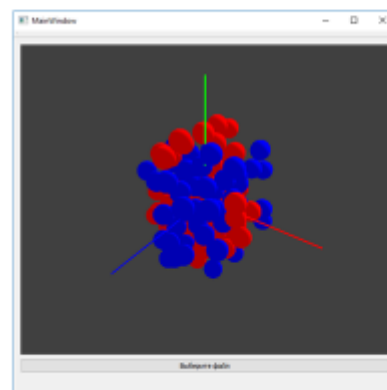
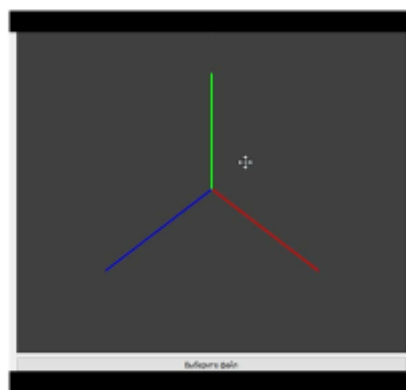
- Унаследованы и переопределены функции класса QOpenGLWidget
- Созданы шейдерные программы
- Созданы буферные объекты
- Добавлено управление мышью

15

Рисунок А.15 — Плакат презентации 15

Разработка подсистемы визуализации

В результате создана подсистема визуализации, которую необходимо встроить в графический интерфейс



16

Рисунок А.16 — Плакат презентации 16

Разработка графического интерфейса и интегрирование его в основной код

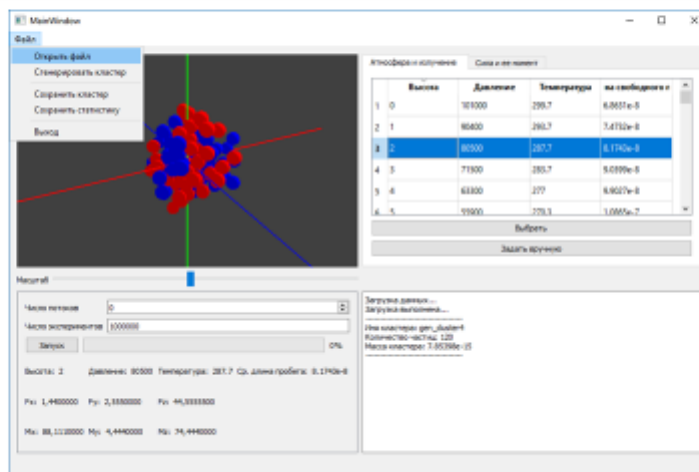
Основные условия:

- Возможность изменить основные параметры эксперимента
- Добавить интерактивность
- Возможность сохранять и загружать исходные данные
- Возможность запуска эксперимента

17

Рисунок А.17 — Плакат презентации 17

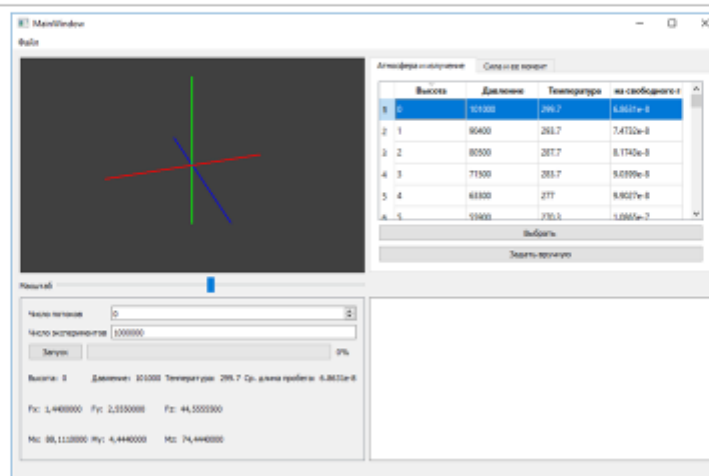
Разработка графического интерфейса и интегрирование его в основной код



18

Рисунок А.18 — Плакат презентации 18

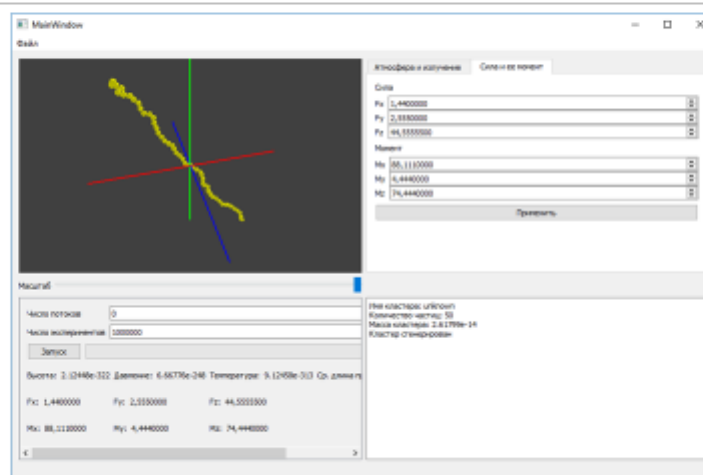
Разработка графического интерфейса и интегрирование его в основной код



19

Рисунок А.19 — Плакат презентации 19

Разработка графического интерфейса и интегрирование его в основной код



20

Рисунок А.20 — Плакат презентации 20

Заключение

- В ходе работы изучен исходный программный комплекс «Фотофорез и динамика аэрозоля», на основе этих данных был разработан макет интерфейса
- Реализован программный код графического интерфейса, в частности подсистемы визуализации аэрозольных кластеров
- Графический интерфейс интегрирован в основной код программного комплекса «Фотофорез и динамика аэрозоля»

Рисунок А.21 — Плакат презентации 21